

MODELISATION D'UN TALUS CONFORTER PAR CLOUAGE

(CAS DE BENI MALEK WILAYA DE SIKDA ALGERIE)

Terbouche.F¹, Laghouchi.A², Hamza. A³ & Djemai.M⁴

^{1,2} Doctorant à l'université de Tizi-Ouzou laboratoire de Géomatériaux, Environnement et Aménagement (LGEA) Tizi-Ouzou Algérie. Faridterbo@gmail.com

^{3,4} Enseignant à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, laboratoire de Géomatériaux, Environnement et Aménagement (LGEA) Tizi-Ouzou Algérie

RÉSUMÉ. Le renforcement des sols regroupe un ensemble de techniques d'amélioration des propriétés mécaniques de ces sols par la mise en place d'inclusion résistants travaillant à la traction, à la compression ou à la flexion.

Parmi ces techniques, celle concernant le clouage des sols ; qui peut être utilisé soit pour la réalisation de massifs de soutènement, en déblai, soit pour renforcement de talus existants. De manière similaire aux techniques de renforcement des sols de remblai, plusieurs techniques de renforcement des sols en place ont été développées. Le terme clouage est utilisé comme terme générique pour désigner à la fois les techniques de renforcement en soutènement par lit subhorizontaux d'inclusion et celles en stabilisation des pentes par rangées verticales d'inclusions. Ce présent travail a pour objectif la modélisation numérique d'un talus instable situé à Béni Malek Wilaya de SIKDA par la technique de clouage à l'aide d'un logiciel plaxis 2D.

ABSTRACT. The strengthening of grounds groups (includes) a set of techniques of improvement of the mechanical properties of these grounds by the implementation of inclusions Resistance fighters working on the drive, on the compression or on the flexion. Among these techniques, that concerning the nailing of grounds; who can be used either For the realization of massifs of retaining structure, in clearing, or for the strengthening of existing banks. In a similar way to the techniques of strengthening of the grounds of elevation, several techniques of strengthening of grounds ready (in position) were developed. The term nailing is used as generic name to indicate (appoint) at the same time the techniques of strengthening in retaining structure by subhorizontal beds of inclusions and those in stabilization of slopes by vertical rows of inclusions. The present work aims to numerical modeling of an unstable slope located BENI MALEK wilaya of Skikda by nailing technique using software PLAXIS 2D Version 10.

MOTS-CLÉS : talus, clouage, plaxis, Béni Malek.

KEY WORDS: slop, nailing, plaxis, Béni Malek.

Le clouage, technique de renforcement des sols par barres, a débuté dans les années 1970. C'est un procédé de stabilisation des terrains naturels. Les clous augmentent la cohésion des sols, ainsi que sa résistance à la traction et au cisaillement, produisant ainsi un nouveau matériau composé d'une grande capacité. La technique du clouage des sols s'apparente au procédé de la terre armée du point de vue théorique. En Algérie, le clouage des sols est resté très peu pratiqué dans le domaine des travaux publics malgré l'essor que connaît ce marché. Le développement de l'utilisation de cette technique, dans notre pays, passe nécessairement par sa vulgarisation par des études dans le domaine de la recherche et des propositions sur son intérêt dans l'environnement local. Ce travail sera consacré pour traiter le glissement survenu à la cité de Béni Malek (à SKIKDA). Les calculs de stabilités seront effectués par le moyen du logiciel plaxis. Les résultats obtenus seront présentés et interprétés.

2. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude de notre travail se trouve à Beni Malek, Skikda, où un glissement de terrain s'est produit sur une partie de la route, mettant en danger plusieurs constructions environnantes, le projet de confortement a été confié à l'entreprise TERRASOL. Dans le cadre de l'étude des glissements de la ville de Skikda, TERRASOL présente l'avant-projet sommaire (APS) sur la zone de Béni Malek conformément aux descriptions du marché 241/2005 – opération ND.5.711.2.225.21.40.05 conclu entre la direction d'urbanisme et de la construction (DUC) de SKIKDA et TERRASOL.

Cet APS a pour objet de passer en revue les méthodes de réparation et /ou confortement, d'analyser les avantages et inconvénients des diverses solutions afin de choisir les bases de conception qui seront appliquées dans la phase d'étude ultérieure (avant-projet définitif APD et dossier de consultation des entreprises DCE).



Figure 1. Travaux pratiquement achevés.

3. Modélisation numérique

Le modèle numérique était développé sur la base des dimensions, géométrie et conditions de chargements correspondants au modèle physique. Ces paramètres étaient directement dérivés de ce dernier. Les dimensions du talus étudié, considéré ensuite comme modèle. Dans notre cas les conditions de 'plain-train' étaient assumées, des éléments finis à 15 nœuds ont été sélectionnés pour la modélisation du sol. La figure 2 montre le graphique final de la géométrie du modèle numérique et de ces conditions aux limites. La géométrie du modèle s'étend 90m horizontalement et 40m verticalement, ces limites étaient supposées suffisantes pour ne pas provoquer des perturbations au modèle. La limite verticale du modèle était fixée dans la direction horizontale mais libre au déplacement dans le sens vertical ; et la limite horizontale à la base du modèle était supposée fixe dans les deux directions : verticale et horizontale. La figure 2 montre un exemple de modèle numérique en 2 dimensions, le maillage du modèle en éléments finis est généré par une procédure totalement automatique, dans laquelle la géométrie de la (figure 3) est divisée en éléments type triangulaire à 15 nœuds.

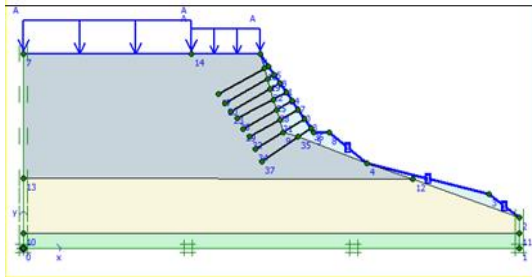


Figure 2.La géométrie du modèle

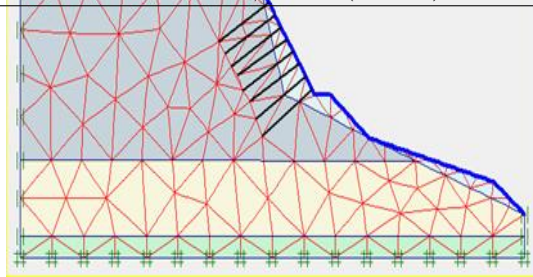


Figure3. Modèle numérique en élément finis

Dans la présente analyse numérique le sol est modélisé en utilisant le modèle Mohr coulomb drainé, le matériau constituant la structure le soutènement est en béton, ce dernier est modélisé par la loi élastique, dont le comportement est défini par le module de Young et le coefficient de Poisson. Les valeurs admises dans la modélisation sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 1.Caractéristiques mécaniques du soutènement

éléments	E [kPa]	A [m2]	I [m4]	d	v
soutènement	2*107	0,25	1,302*10-3	1	0.2

Tableau 2. Caractéristiques géo-mécaniques du sol

Paramètre	schiste	Séritoschiste	Schiste très raid	Remblai renforcé	unité
Modèle	Mr-C	M-C	M-C	M-C	/
Type	Drainé	Drainé			/
γ_{unsat}	19	17	18.5	18	KN/m3
γ_{sat}	21	19	20	19.5	KN/m3
E	30000	30000	30000	30000	KN/m2
v	0.20	0.20		0.20	/
C	30	30	20		(°)
ϕ	0	0			(°)

Tableau3.Les paramètres des clous

Clous (nombre)	L [m]	E [kpa]	A [mm2]	EA [KN/m]	Force T [KN/m]
240	8	210000	490,62	10303,02	252

4. Les phases du calcul

Le calcul des coefficients de sécurité se fera suivant quatre phases :

- Phase 0 : Initialisation des contraintes (contraintes géostatiques)
- Phase1 : calcul plastique sans clouage
- Phase2 : analyse de la stabilité sans clouage.
- Phase 3 : analyse de remblai sans renforcement.
- Phase 4 : analyse du remblai renforcé par le clouage.

5. Discussion et présentation de résultat

L'analyse effectuée pour le talus est résumé sur le tableau suivant :

Les phases du calcul	Facture de sécurité	Déplacement total [m]
Sans clouage	0.435	2.37
Remblai sans renforcement	0.663	1.23
Talus renforcé	1.9	$20 \cdot 10^{-2}$

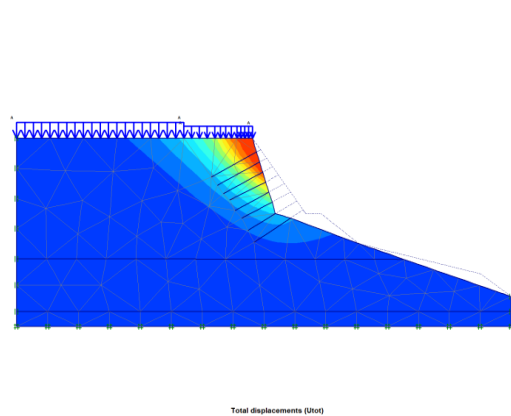


Figure 4. Le déplacement total 2.37m sans Renforcement

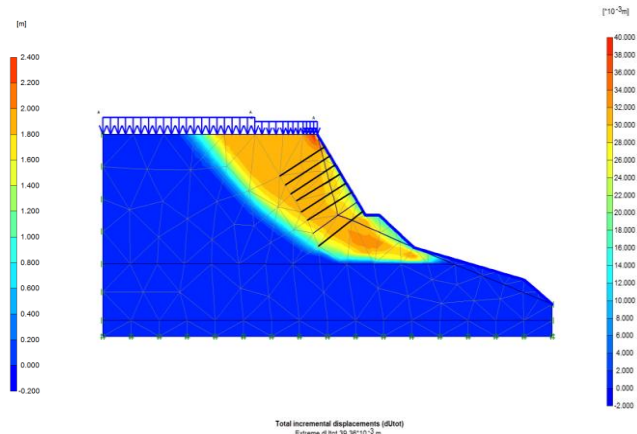


Figure 5. Le déplacement total $39 \cdot 10^{-3}$ après le Renforcement

L'analyse de la stabilité a permis de mettre en évidence le fait que le remblai est stable vis-à-vis d'une rupture par glissement d'ensemble avec $F_s = 1.9$ avec un déplacement $U = 39 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

7. Conclusion

L'analyse de la stabilité a permis de mettre en évidence la nécessité au recours à un ouvrage de soutènement temporaire lors des travaux de terrassements. En effet, le clouage du sol en place a entraîné un gain de stabilité considérable, la valeur du coefficient de sécurité initialement égal à 0,430 est passé à 1,9 après clouage.

Les coefficients de sécurités donnés par PLAXIS après renforcement sont supérieurs à 1.5 ce qui explique l'efficacité de ces renforcement pour le confortement des glissements des terrains. Ainsi le clouage apparaît être une méthode d'avenir. Souple d'emploi, elle s'applique à de nombreux sites et présente par rapport à ses concurrents, un moindre coût et une installation de chantier plus réduite.

Mais il convient de garder à l'esprit que le clouage des sols est une méthode délicate, une mauvaise mise-en œuvre peut entraîner la ruine prématurée ou même stopper la construction.

Des règles de chantier strictes, concernant la projection du béton pour le parement et le scellement des clous doivent être observées.

Pour ces raisons, il est logique de concevoir que la mise en œuvre d'un chantier de clouage soit confiée à une entreprise compétente spécialiste dans le domaine.

Les progrès technologiques incessants devraient permettre d'améliorer encore le clouage en l'adaptant à chaque sol, notamment en ce qui concerne la mise en place du parement et la liaison sol-clou.

L'avantage des méthodes de renforcement qui leur assure un avenir prometteur, est qu'elles sont basées sur une amélioration sélective du sol.

8. Bibliographie

- [1] ABOSHI et AL. A., «method to improve characteristic of soft clays by inclusion of large diameter sand columns». Colloque Int. Sur le renforcement des Sols, Paris, 1979.
- [2] R. BAKER, R. SHUKHA, V. OPERSTEIN, AND S. FRYDMAN., « Stability charts for pseudo-static slope stability analysis». Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26 :813–823, 2006.
- [3] R. AL HALLAK. Etude expérimentale et numérique du renforcement du front de taille par boulonnage dans les tunnels en terrains meubles. Thèse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Paris. 1999.
- [4] P. DE BUHAN., « Renforcement par inclusions des sols et des roches », Revue française de génie civil, 8 :1033–1069, 2004.
- [5] R. FRANK., Fondations et soutènement, Cours de mécanique de sol, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1998.